

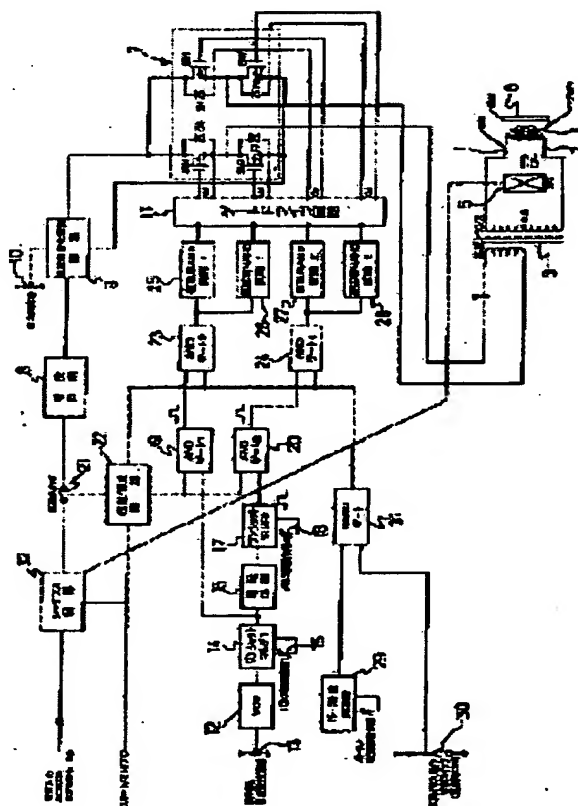
PLASMA GENERATING METHOD AND PLASMA GENERATOR

Patent number: JP2003109794
Publication date: 2003-04-11
Inventor: MATSUNAGA KOICHI; SAWADA KOJI; TANAKA NOBORU
Applicant: HAIKEN KENKYUSHO KK; MATSUSHITA ELECTRIC WORKS LTD
Classification:
- International: A61L2/14; B01J19/08; H05H1/24; H05H1/32; A61L2/02; B01J19/08; H05H1/24; H05H1/26; (IPC1-7): H05H1/24; A61L2/14; B01J19/08; H05H1/32
- european:
Application number: JP20010302893 20010928
Priority number(s): JP20010302893 20010928

Report a data error here

Abstract of JP2003109794

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent an electrode from being heated to generate a high-temperature plasma even upon continuous use, permit shortening of the treatment time and improving treatment quality by a stable low-temperature plasma, prevent an article to be treated from being damaged by abnormal discharge, easily control plasma generation and permit making an apparatus scale small. **SOLUTION:** High voltage applied between a pair of electrodes 1, 2 is resonated as an attenuating oscillation waveform periodic wave that a oscillation wave is intermittently repeatedly produced at every oscillation wave, and resonance deviation is caused every attenuating oscillation wave attending on generation of arc discharge to interrupt the arc discharge, thereby producing intermittent arc discharge.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-109794

(P2003-109794A)

(43) 公開日 平成15年4月11日 (2003.4.11)

| (51) Int.Cl. ⁷ | 識別記号 | F I | テマコード [*] (参考) |
|---------------------------|------|---------------|-------------------------|
| H 0 5 H 1/24 | | H 0 5 H 1/24 | 4 C 0 5 8 |
| A 6 1 L 2/14 | | A 6 1 L 2/14 | 4 G 0 7 5 |
| B 0 1 J 19/08 | | B 0 1 J 19/08 | E |
| H 0 5 H 1/32 | | H 0 5 H 1/32 | |

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2001-302893 (P2001-302893)

(22) 出願日 平成13年9月28日 (2001.9.28)

(71) 出願人 593133693

株式会社ハイデン研究所

兵庫県明石市魚住町清水465の1

(71) 出願人 000005832

松下電工株式会社

大阪府門真市大字門真1048番地

(72) 発明者 松永 浩一

兵庫県神戸市垂水区南多聞台2丁目3の9

(74) 代理人 100062476

弁理士 原田 信市

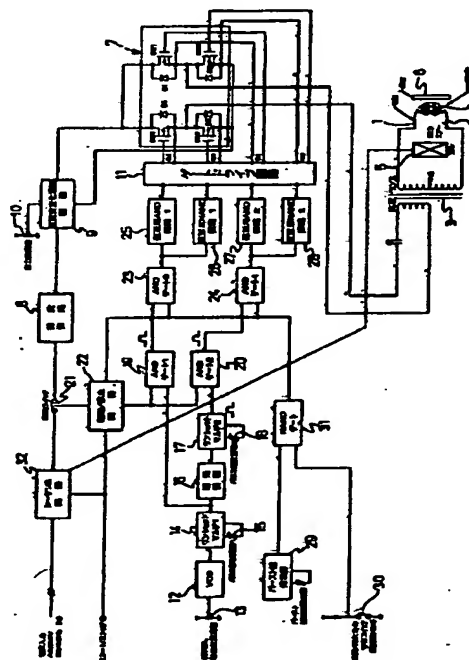
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 プラズマ発生方法及びプラズマ発生装置

(57) 【要約】

【課題】 連続使用しても電極が加熱されて高温プラズマになるようなことはなく、処理時間を短縮できるとともに、安定した低温プラズマにより処理品質を向上させることができ、また異常放電により被処理物にダメージを与えることもなく、更にプラズマ発生の制御が容易であるのに加え装置規模も小さくできるようにする。

【解決手段】 一对の電極1・2間に印加する高電圧を減衰振動波が間欠的に繰り返す減衰振動波形周期波として各減衰振動波ごとに共振させ、その各減衰振動波ごとに、アーク放電発生に伴い共振ズレを生じさせてアーク放電を中断させることにより、間欠的アーク放電とする。



【特許請求の範囲】

【請求項1】対向する一対の電極間に高電圧を印加して強制的にアーク放電させ、これら電極間にガスを送入してその風力によって放電を拡張させるプラズマ発生方法において、前記一対の電極間に印加する高電圧を減衰振動波が間欠的に繰り返し生ずる減衰振動波形周期波として各減衰振動波ごとに共振させ、その各減衰振動波ごとに、アーク放電発生に伴い共振ズレを生じさせてアーク放電を中断させることにより、間欠的アーク放電とすることを特徴とするプラズマ発生方法。

【請求項2】一対の電極間に印加する高電圧の減衰振動波は正負が逆位相であることを特徴とする請求項1に記載のプラズマ発生方法。

【請求項3】ある時間間隔をおいた正負一対のパルスがある繰り返し周波数で高圧トランスの一次側に供給し、該高圧トランスの二次側から各減衰振動波ごとに共振した減衰振動波形周期波を出力して一対の電極間に印加することを特徴とする請求項2に記載のプラズマ発生方法。

【請求項4】正負一対のパルスのパルス幅を調整して減衰振動波の周波数を可変することを特徴とする請求項3に記載のプラズマ発生方法。

【請求項5】共振した各減衰振動波の電圧立ち上がり時間が $1\mu\text{s}$ 以下であることを特徴とする請求項1、2、3又は4に記載のプラズマ発生方法。

【請求項6】減衰振動波の繰り返し周期が $10\sim 50\text{KHz}$ であることを特徴とする請求項1、2、3、4又は5に記載のプラズマ発生方法。

【請求項7】減衰振動波を、その繰り返し周波数よりも低い周波数で一対の電極間に間欠的に印加することを特徴とする請求項1、2、3、4、5又は6に記載のプラズマ発生方法。

【請求項8】一対の電極間の距離を $1\sim 15\text{mm}$ とすることを特徴とする請求項1、2、3、4、5、6又は7に記載のプラズマ発生方法。

【請求項9】対向する一対の電極間に高電圧を印加して強制的にアーク放電させ、これら電極間にガスを送入してその風力によって放電を拡張させるプラズマ発生装置において、ある時間間隔をおいた正負一対のパルスがある繰り返し周波数で発生させる正負パルス波発生回路と、その正負パルス波を一次側に入力され、各減衰振動波ごとに、共振した正負逆位相の減衰振動波形周期波を二次側から出力して一対の電極間に印加する高圧トランスとを備え、その各減衰振動波ごとに、アーク放電発生に伴い共振ズレを生じさせてアーク放電を中断させることにより、間欠的アーク放電とすることを特徴とするプラズマ発生装置。

【請求項10】正負パルス波発生回路は、第1と第4を上アーム、第2を第1に対する下アーム、第3を第4に対する下アームとして第1～第4の4個の半導体スイ

チング素子をHブリッジ接続するとともに、各半導体スイッチング素子にそれぞれダイオードを並列接続したHブリッジスイッチング回路を用いて、正負パルス波を生成することを特徴とする請求項9に記載プラズマ発生装置。

【請求項11】正負パルス波発生回路が、Hブリッジスイッチング回路の4個の半導体スイッチング素子のためのゲートパルスのパルス幅を調整することにより、Hブリッジスイッチング回路から出力される正負一対のパルスのパルス幅を調整して減衰振動波の周波数を可変するパルス幅設定手段を備えていることを特徴とする請求項10に記載プラズマ発生装置。

【請求項12】正負パルス波発生回路が、Hブリッジスイッチング回路の4個の半導体スイッチング素子のためのゲートパルスの周期を調整することにより、Hブリッジスイッチング回路から出力される正負一対のパルスの繰り返し周波数を調整して減衰振動波の繰り返し周波数を設定する繰り返し周波数設定手段を備えていることを特徴とする請求項10又は11に記載のプラズマ発生装置。

【請求項13】Hブリッジスイッチング回路の4個の半導体スイッチング素子のためのゲートパルスを、その周波数より低い周期で間欠的にHブリッジスイッチング回路のゲートドライブ回路へ入力させるバースト周波数設定手段を備えたことを特徴とする請求項10、11又は12に記載のプラズマ発生装置。

【請求項14】一対の電極間の距離を $1\sim 15\text{mm}$ としたことを特徴とする請求項10、11、12又は13に記載のプラズマ発生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、被処理物の改質や洗浄や殺菌・消毒や切断等の各種の処理をプラズマにより大気圧下で行えるようにするプラズマ発生方法及びプラズマ発生装置に関する。更に詳しくは、対向する一対の電極間に高電圧を印加して強制的にアーク放電させ、これら電極間にガスを送入してその風力によって放電を拡張させるプラズマ発生方法及びプラズマ発生装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】従来、基材の改質、例えば濡れ性改善のために使用されているこの種のプラズマ発生装置では、商用周波数の電圧又は高周波（約 30KHz ）の電圧を、高圧トランスで昇圧し、対向する電極間に同時に印加して行っている。しかし、その印加電圧が、商用周波数の場合も、また高周波の場合も正弦波状の連続波で、放電開始電圧以降に上昇する電圧波分も継続してそのまま電極に印加するため、連続して使用すると電極が加熱されて高温プラズマとなるので、間欠動作（例えば、低周波信号を使ってON/OFFしてバースト動作させ

る)で使用し、更に昇圧トランスをリーケージ化して使用しているので、トランスの容量が非常に大きくなり、また大重量になる欠点と、間欠動作のため基材の濡れ性改善に1秒間以上の時間がかかる欠点があり、実用上、高速処理ができないので改質時間に限界があった。

【0003】また、特に金属や半導体などの導電性や半導電性を有するものを処理する場合は、被処理物に向かって異常放電が生じ、これら被処理物にダメージを与えるという欠点があった。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、連続使用しても電極が加熱されて高温プラズマになるようなことはなく、処理時間を短縮できるとともに、安定した低温プラズマにより処理品質を向上させることができ、また異常放電により被処理物にダメージを与えることもなく、更にプラズマ発生の制御が容易であるのに加え装置規模も小さくできるプラズマ発生方法及びプラズマ発生装置を提供することにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】本発明のプラズマ発生方法は、対向する一対の電極間に高電圧を印加して強制的にアーク放電させ、これら電極間にガスを送入してその風力によって放電を拡張させる方法であって、一対の電極間に印加する高電圧を減衰振動波が間欠的に繰り返し生ずる減衰振動波形周期波として各減衰振動波ごとに共振させ、その各減衰振動波ごとに、アーク放電発生に伴い共振ズレを生じさせてアーク放電を中断させることにより、間欠的アーク放電とする。

【0006】すなわち、本発明では、一対の電極間に印加する電圧を正弦波状の連続波ではなく、減衰振動波の間欠的繰り返しによる減衰振動波形周期波とし、しかも各減衰振動波ごとに共振させる。そして、各減衰振動波ごとに、高圧トランスが持つLC成分等を利用してアーク放電発生に伴い共振ズレを生じさせることで、一対の電極間に印加される減衰振動波の残部を相殺する(リーケージ化する)ことにより、アーク放電を瞬時に中断する。このような動作を減衰振動波の繰り返し周期で間欠的に繰り返すことにより、電極の加熱を抑制しながら安定した低温プラズマを発生させることができる。

【0007】その具体的手段として、次のような形態がある。請求項2に係る発明では、一対の電極間に印加する高電圧の減衰振動波は正負が逆位相とする。

【0008】すなわち、一対の電極間に印加する高電圧の減衰振動波は、片方を接地せずに正負が逆位相となるようにすることで、対接地間と無関係にすることができる。これは、基材を改質する場合、プラズマが基材に照射されるときに、対接地間とは無関係であるため、感電することなく電極間で電流が流れて改質できるからである。また、逆位相の電圧を同時に印加するのは、電極間の電位差が放電開始電圧以上となれば良いので、0点を

中心とした正負の繰り返し信号にする必要はない。高圧トランスの二次側を接地から浮かすことで、一対の電極間に印加する電圧を逆位相とすることができる。

【0009】請求項3に係る発明では、ある時間間隔をおいた正負一対のパルスをお互いに繰り返し周波数で高圧トランスの一次側に供給し、該高圧トランスの二次側から各減衰振動波ごとに共振した減衰振動波形周期波を出力して一対の電極間に印加する。

【0010】一対の電極間に印加する電圧波形を、正弦波のような整然とした連続波とすると、前述のように、放電開始後も印加電圧が残って放電電流が持続するため、電極が加熱されて高温プラズマになってしまう。そこで、高圧トランスが持つLC成分を利用して、正負一対のパルスを高圧トランスの一次側で共振した減衰振動波とし、二次側でアーク放電発生に伴い共振ズレを生じさせれば、共振した減衰振動波は放電開始後に瞬時に消滅する。これを各減衰振動波ごとに行って、連続波にせず間欠的に繰り返せば、安定した低温プラズマを発生できる。

【0011】請求項4に係る発明では、正負一対のパルスのパルス幅を調整して減衰振動波の周波数を可変する。上記のように高圧トランスのLC成分によって正負一対のパルスを減衰振動波とするが、調整要素が無いと高圧トランスのLC成分にマッチングした共振周波数に調整することができない。そのため、正負一対のパルスのパルス幅を調整することで、共振した減衰振動波とする。

【0012】請求項5に係る発明では、共振した各減衰振動波の電圧立ち上がり時間を $1\mu\text{s}$ 以下とする。アーク放電を利用して低温プラズマを生成するには、上述のように、アーク放電した後の印加電圧を即0にしてしまわないと、低温プラズマにはならない。また、商用周波数を用いて行くと、立ち上がり時間が緩やかなため瞬時に強い電界を発生することができないので、プラズマの生成効率が悪く、必要以上の電圧を印加しなければならない。この欠点をクリアするため、立ち上がり時間はできるだけ短くした方が良いが、正負一対のパルスを生成するための半導体スイッチング素子のスイッチング特性などに鑑み、減衰振動波の電圧立ち上がり時間は $1\mu\text{s}$ 以下とするのが好ましい。

【0013】請求項6に係る発明では、減衰振動波の繰り返し周期を $10\sim 50\text{KHz}$ とする。減衰振動波の繰り返し周波数は、改質する基材の材質によって異なるが、繰り返し周波数を $10\sim 50\text{KHz}$ にしているのは、改質時間が短縮できるからで、実験によれば最も良い条件は $10\sim 20\text{KHz}$ である。

【0014】請求項7に係る発明では、一対の電極間の距離を $1\sim 15\text{mm}$ とする。電極間の距離を大きくすると、プラズマ照射範囲が長く伸びて広がるが、改質に時間がかかる。しかし、照射範囲が広がるので基材の改質

面積を大きく確保できる。一方、電極間の距離を小さくすると、プラズマは広がらず狭い範囲に集中する。この場合の利点は、改質する基材の改質時間を短縮させ、短時間で改質が可能となる。従って、改質する基材の条件によって電極間の距離を調整すれば良いが、1~15 mmの範囲が実用的である。

【0015】請求項8に係る発明では、減衰振動波を、その繰り返し周波数よりも低い周波数で一对の電極間に間欠的に印加する。改質する材質が金属の場合、繰り返し生じる減衰振動波のみで行うと、アーク放電が金属の一部に集中してしまい、改質できないが、その繰り返し周期よりも更に低い周期で間欠的に発生させることによって、金属等に照射しても均一にプラズマを照射することができる。

【0016】また、本発明のプラズマ発生装置は、対向する一对の電極間に高電圧を印加して強制的にアーク放電させ、これら電極間にガスを送入してその風力によって放電を拡張させるものであって、ある時間間隔をおいた正負一对のパルスのある繰り返し周波数で発生させる正負パルス波発生回路と、その正負パルス波を一次側に入力され、各減衰振動波ごとに、共振した正負逆位相の減衰振動波形周期波を二次側から出力して一对の電極間に印加する高圧トランスとを備え、その各減衰振動波ごとに、アーク放電発生に伴い共振ズレを生じさせてアーク放電を中断させることにより、間欠的アーク放電とする。

【0017】狭いパルス幅で高速にスイッチングするスイッチング回路を用いた高周波の正負パルス波発生回路と、その信号を使って容易に昇圧することができる高圧トランスとにより、従来のように商用周波数を利用して昇圧する大型のリーケージ型高圧トランスを使用する必要が無く、軽量・小型で効率の高いプラズマ発生用電源とすることができる。

【0018】その具体的手段として、次のような形態がある。請求項10に係る発明では、正負パルス波発生回路は、第1と第4を上アーム、第2を第1に対する下アーム、第3を第4に対する下アームとして第1~第4の4個の半導体スイッチング素子をHブリッジ接続するとともに、各半導体スイッチング素子にそれぞれダイオードを並列接続したHブリッジスイッチング回路を用いて、正負パルス波を生成する。

【0019】従って、インバート部であるHブリッジスイッチング回路では、歪の無いスイッチング動作が可能となり、幅の狭いパルス幅調整ができるので、立上り時間が1 μ s以下の減衰振動波を容易に発生できる。

【0020】請求項11に係る発明では、正負パルス波発生回路が、Hブリッジスイッチング回路の4個の半導体スイッチング素子のためのゲートパルスのパルス幅を調整することにより、Hブリッジスイッチング回路から出力される正負一对のパルスのパルス幅を調整して減衰

振動波の周波数を可変するパルス幅設定手段を備えている。

【0021】従って、高圧トランスのLC成分にマッチングし、しかもアーク放電開始直後に瞬時に共振ズレを生じさせることができる共振周波数に正確に調整することができる。

【0022】請求項12に係る発明では、正負パルス波発生回路が、Hブリッジスイッチング回路の4個の半導体スイッチング素子のためのゲートパルスの周期を調整することにより、Hブリッジスイッチング回路から出力される正負一对のパルスの繰り返し周波数を調整して減衰振動波の繰り返し周波数を設定する繰り返し周波数設定手段を備えている。

【0023】従って、減衰振動波の繰り返し周波数を容易に調整できるので、改質する基材の材質に適合したプラズマ処理ができる。

【0024】請求項13に係る発明では、更に、Hブリッジスイッチング回路の4個の半導体スイッチング素子のためのゲートパルスを、その周波数より低い周期で間欠的にHブリッジスイッチング回路のゲートドライブ回路へ入力させるバースト周波数設定手段を備えている。

【0025】従って、改質する材質が金属であっても、均一した処理が可能となる。

【0026】本発明によれば、低温のプラズマ処理が可能であるため、プラスチックやセラミックや金属やガラスなどの被処理物の表面改質（濡れ性を改善して接着剤やインクなどの密着性を良くする）の他、表面に付着した有機物や汚れの洗浄、殺菌や消毒、プラスチック基板の切断などに広範囲に適用できる。

【0027】

【発明の実施の形態】次に、本発明の実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。

【0028】本発明の実施例では、図1に示すように、J字形の一对の電極1・2を互いの折り曲げ部を内側にして対向させ、これら電極1・2間に、図2に示すような回路の最終段の高圧トランス3の二次側から、後述するような高電圧を印加して強制的にアーク放電させてプラズマ4を生成し、これら電極1・2間にファン5により空気を送風してその風力によって放電を拡張、つまり電極1・2を冷却しながらプラズマ4を拡張させ、被処理物である基材6にプラズマ4を照射して基材6の表面を改質する。

【0029】送入するガスは特に限定しないが、好ましくは空気、窒素、アルゴン、ヘリウム、二酸化炭素の単独又は組み合わせたものが使用される。例えば、水素やアンモニア、亜酸化窒素、水蒸気などの反応性を有するガスを少量添加することも可能である。添加量は特に限定しないが、通常は0.1体積%から10体積%が有効である。また、電極1・2の材質としては、タングステン、ステンレス、真鍮等の錆びにくい材質であれば良

い。

【0030】図2に示す回路において、先ず高圧トランス3の一次側に印加する正負パルス波を生成するためのHブリッジスイッチング回路（インバータ）7について説明する。図2に示すように、このHブリッジスイッチング回路7は、第1、第2、第3、第4の4個の半導体スイッチング素子SW1、SW2、SW3、SW4を、SW1とSW4を上アーム、SW2をSW1に対する下アーム、SW3をSW4に対する下アームとしてHブリッジ接続する（MOS-FET等の2個入り半導体モジュールをHブリッジとする）とともに、各半導体スイッチング素子にダイオードD1、D2、D3、D4をそれぞれ並列接続したものである。このHブリッジスイッチング回路7の電源として、商用周波数の電圧を整流する

整流回路8と直流安定化電源回路9による直流電源が使用されている。直流安定化電源回路9の出力電圧は出力設定器10により調整できる。

【0031】このHブリッジスイッチング回路7を、ゲートドライブ回路11とその前段の回路により、次の表1に示す①、②、③、④、⑤の5つのON/OFFの組み合わせ態様で順次繰り返しスイッチング動作させる。図3は、このようなスイッチング動作によって、第1と第2の半導体スイッチング素子SW1・SW2の中点と、第3と第4の半導体スイッチング素子SW3・SW4の中点との間から出力される正負交互のパルスのタイミングチャートである。

【0032】

【表1】

| | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| SW1 | OFF | ON | OFF | OFF | OFF |
| SW2 | ON | OFF | ON | ON | ON |
| SW3 | ON | ON | ON | OFF | ON |
| SW4 | OFF | OFF | OFF | ON | OFF |
| D2 | OFF | OFF | OFF | OFF | ON |
| D3 | OFF | OFF | ON | OFF | OFF |

【0033】図4は、Hブリッジスイッチング回路7の等価回路を示す。図3に示すように、第2の半導体スイッチング素子SW2をOFFにするときの時間幅は、第1の半導体スイッチング素子SW1をONにするときの時間幅よりも前後に長く、また第3の半導体スイッチング素子SW3をOFFにするときの時間幅は、第4の半導体スイッチング素子SW4をONにするときの時間幅よりも前後に長くする。

【0034】図4において、まず、SW1がOFFになってからSW1がONになると、I1の方向に電流が流れ、負荷が正に充電される。次に、SW1がOFFになってからSW2がONになると、SW2とD3を通過してI2の方向に電流が流れるので、負荷のリーケージインダクタンス及び浮遊容量分がSW2とD3で強制的にリセットされる。

【0035】この後、SW3がOFFになってからSW4がONになると、I3の方向に電流が流れ、負荷が負に充電される。次に、SW3がOFFになってからSW4がONになると、I4の方向に電流が流れ、負荷のリーケージインダクタンス及び浮遊容量分がSW2とD3で強制的にリセットされる。

【0036】このような動作を表1に従って説明すると、次のとおりである。①では、SW2とSW3はゲート信号を入力されてONとなり、負荷の両端はショートされた状態となる。

【0037】②では、SW2のゲート信号がONされ、少し遅れてSW1にゲート信号が入力されてこれがONになると、SW3はOFFのままであるため、SW1から負荷を通過してI1方向に電流が流れ、負荷を正に充電

する。

【0038】③では、SW1へのゲート信号入力が終わってこれがOFFとなってから、SW2へ再びゲート信号が入力されてこれが再びONになるので、負荷に充電された電荷分は、SW2とD3を通過してディスチャージする。その結果、①と同じ状態に戻ることになる。

【0039】④では、SW3がOFFとなり、少し遅れてSW4にゲート信号が入力されてこれがONになると、SW2はONのままであるため、SW4から負荷を通過してI3方向に電流が流れ、負荷を負に充電する。

【0040】⑤では、SW4へのゲート信号入力が終わってこれがOFFとなってから、SW3へ再びゲート信号が入力されてこれが再びONになるので、負荷に充電された電荷分は、SW3とD2を通過してディスチャージする。その結果、③と同じ状態に戻ることになる。

【0041】このようにSW1とSW2との組、SW3とSW4の組がそれぞれ同時にONにならないように、デッドタイムを与えて①～⑤と順番にスイッチングすることにより、入力信号（ゲート信号）に比例した波形の出力信号（ある時間間隔をおいた正負一対のパルス）が得られる。その場合、負荷側の浮遊容量及びリーケージインダクタンスは、上記のようなスイッチング動作によってリセットされるので、歪みの無い出力波形が得られる。

【0042】上記のようなスイッチング動作をするHブリッジスイッチング回路7の出力は、図2において、第1と第2の半導体スイッチング素子SW1・SW2の中点を一方の極、第3と第4の半導体スイッチング素子SW3・SW4の中点を他方の極として取り出され、コン

デンサCを介して高圧トランス3の一次側に印加される。

【0043】次に、ゲートドライブ回路11を制御してHブリッジスイッチング回路7から正負一對のパルスを繰り返し出力させるとともに、その周期及びパルス幅を調整する前段の回路について、図5のタイミングチャートを参照して説明する。

【0044】電圧制御発振器(VCO)12は、図5(1)に示すような矩形波を繰り返し出力する。その繰り返し周波数は繰り返し周波数設定器13にて調整できる。

【0045】第1のワンショットマルチバイブレータ14は、図5(2)に示すように、電圧制御発振器12の出力(VCO出力)の立ち上がりで立ち上がるパルスを出力する。そのパルス幅は第1のパルス幅設定器15にて調整できる。

【0046】遅延回路16は、図5(3)に示すように、第1のワンショットマルチバイブレータ14のパルスの立ち下がりにより立ち上がる一定時間幅(デッドタイム)のパルスを出力する。

【0047】第2のワンショットマルチバイブレータ17は、図5(4)に示すように、遅延回路16の出力の立ち上がりで立ち上がるパルスを出力する。そのパルス幅は第2のパルス幅設定器18にて調整できる。

【0048】第1のワンショットマルチバイブレータ14からのパルスは第1のANDゲート19、第2のワンショットマルチバイブレータ17からのパルスは第2のANDゲート20にそれぞれ入力される。これらANDゲート19・20には、起動スイッチ21にてオン・オフされる起動・停止回路22からの出力が入力されており、それがオンになっているときに、第1・第2のワンショットマルチバイブレータ14・17のパルスが、第3・第4のANDゲート23・24にそれぞれ入力される。

【0049】第3のANDゲート23の出力は、第1の遅延用AND回路25及び第1の遅延用NAND回路26へ入力され、第4のANDゲート24の出力は、第2の遅延用AND回路27及び第2の遅延用NAND回路28へ入力される。図5の(5)、(6)、(7)、

(8)にこれらAND回路25、NAND回路26、AND回路27、NAND回路28の出力波形を示し、その出力に従い、ゲートドライブ回路11がHブリッジスイッチング回路7の4個の半導体スイッチング素子SW1・SW2・SW3・SW4のためのゲートパルスを出力して、これらが前述のようにスイッチングする。

【0050】従って、図5(9)に示すように、Hブリッジスイッチング回路7から、ある時間間隔をおいた正負一對のパルスがある繰り返し周波数で正負のパルス波として出力されることになる。その繰り返し周波数は繰り返し周波数設定器13にて調整でき、またパルス幅

は、パルス幅設定器15・18にて正負それぞれ調整できる。

【0051】この正負のパルス波は、コンデンサCを介して高圧トランス3の一次側に印加され、高圧トランス3が持つLC成分により、共振した減衰振動波が間欠的に繰り返す高圧の減衰振動波形周期波となる。高圧トランス3の二次側は、接地から浮かしてあるので、一對の電極1・2にそれぞれ印加される高圧の電圧は、図5(10)、(11)に示すように、高圧トランス3の二次側の中点に対して正負が完全に逆位相となる。これら図5(10)、(11)に示す波形は、電極1・2間が放電しない状態での波形である。パルス幅設定器15・18にてパルス幅を調整することにより、高圧トランス3のLC成分にマッチングする共振条件にすることができ

【0052】電極1・2間でアーク放電が開始して、図5(14)に示すように放電電流が流れると、その放電電流の最大波高値又はその付近で共振ズレが生じ、電極1・2間に印加される以降の減衰振動波が相殺して消滅するため、アーク放電は瞬時に中断する。その際の電極1・2にそれぞれ印加される電圧波形を図5(12)、(13)にそれぞれ示す。

【0053】上記のように、電極1・2には、共振した減衰振動波が間欠的に繰り返す逆位相の高圧の減衰振動波形周期波が印加されるが、その印加と休止を次のように間欠的に行えるようになっており、次にはその動作について図6のタイミングチャートを参照して説明する。

【0054】バースト波発振器29は、図6(2)に示すように、電圧制御発振器12による同図(1)に示すような繰り返し周波数よりもはるかに低い周波数の矩形波を出力し、それが連続・間欠動作切替スイッチ30をオンにしたときに、NANDゲート31を介して第3及び第4のANDゲート23・24に入力される。例えば、前者の繰り返し周波数を100KHzとすると、後者の周期は1KHzで、バースト波発振器29の出力がHIGHのときに、図6(3)、(4)に示すように、第3及び第4のANDゲート23・24から繰り返し周波数に応じた前述のようなパルスが出力される。そして、その間だけHブリッジスイッチング回路7から正負のパルス波が図6(5)のように出力され、図6

(6)、(7)のように一對の電極1・2に、共振した減衰振動波が間欠的に繰り返す逆位相の高圧の減衰振動波形周期波が印加され、アーク放電開始直後に図6

(8)のように急峻に上昇する放電電流が流れることにより、共振ズレが生じてアーク放電が瞬時に中断する。このような動作が電圧制御発振器12による繰り返し周波数で繰り返され、またその周期よりもはるかに低い周期で運転・休止が反復される。

【0055】一對の電極1・2間に送風するファン5

は、商用周波数で動作するシーケンス回路32により駆動される。

【0056】次に、本発明者らが行った本発明の実験例について説明する。基材に対する濡れ性の改善テストを行い、濡れ性を接触角計（エルマ製G-1/2MG型）で測定した。印加電圧の測定は、ソニーテクトロニクス製高電圧プローブP-6015型、電流の測定にはヒアソン製4100型を用いた。基材としてはPETフィルム、金属の場合は銅、アルミニウム、ステンレスを用いた。

【0057】【実験例1】電極1・2間の距離を13mmとし、処理する基材6としてPETフィルムを使って濡れ性改善を行った。送風するガスは空気を用いた。表2は、繰り返し周波数を変化させたときの接触角のデー

タで、20KHz以上で改質され、35～40KHzで改質が飽和している。処理時間は30KHz以上で改質し、時間を1秒かけても改質は良くなり飽和していることが判る。表3は、周波数を20KHzに固定し、出力を上げインバータであるHブリッジスイッチング回路7の電力に対する接触角のデータで、電力を上げれば良くなることが判った。表4は、周波数を20KHzに固定、電力を497Wに固定のもとで、プラズマ中に基材を照射する距離を変えたときのデータ、つまり電極から基材までの距離（処理距離）に対する接触角のデータで、20mmのときが一番良い結果となっている。

【0058】

【表2】

周波数特性

電極間距離13mm 未処理PETフィルムの接触角67° 処理時間0.1～1S

| 周波数 (KHz) 処理時間 (秒) | 10KHz (338W) | 15KHz (395W) | 20KHz (497W) | 25KHz (611W) | 30KHz (716W) | 35KHz (850W) | 40KHz (960W) |
|-----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 0.1S | 67° | 67° | 55° | 64° | 37° | 24° | 22° |
| 0.5S | 67° | 67° | 44° | 58° | 37° | 22° | 22° |
| 1.0S | 67° | 67° | 40° | 38° | 35° | 22° | 22° |

接触角(°)

【0059】

【表3】

電力特性

未処理PETフィルムの接触角67° 処理時間0.5S 周波数20KHz

| 電力(W) | 300W | 400W | 500W | 600W | 700W |
|--------|------|------|------|------|------|
| 接触角(°) | 64° | 50° | 42° | 30° | 28° |

【0060】

【表4】

処理距離特性

プラズマ発生伸長30mm 処理時間0.5S 周波数20KHz

| 処理距離(mm) | 10mm | 15mm | 20mm | 25mm |
|------------|------|------|------|------|
| 処理後の接触角(°) | 53° | 62° | 34° | 46° |

【0061】【実験例2】電極間距離を4mmとし、PETフィルムに対して濡れ性改善を行った。送風するガスは空気を用いた。表5は、繰り返し周波数を変化させたときの接触角のデータで、20KHz以上で改質され、35～40KHzで改質が飽和している。実験例1の表と比較すると、実験例2の電極の方が改質性能が良く、プラズマ照射電力密度が高い電極が効果的である。表6は、周波数を20KHzに固定し、出力を段階的に

上げた場合のインバータの電力に対する接触角のデータで、電力を上げれば良くなることが判った。また、電極間の距離を4mmとした場合、照射電力500W印加が限度であったので、照射電力を上げるには電極間距離を広げることが必要となることが判る。

【0062】

【表5】

周波数特性

電極間距離4mm 未処理PETフィルムの接触角67° 処理時間0.5S

| 周波数 (kHz) | 10kHz (200W) | 15kHz (248W) | 20kHz (295W) | 25kHz (348W) | 30kHz (398W) | 35kHz (455W) | 40kHz (525W) |
|--------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| 接触角 (°) | 56° | 44° | 32° | 28° | 32° | 28° | 28° |

接触角(°)

【0063】

【表6】

電力特性

未処理PETフィルムの接触角67° 処理時間0.5S 周波数20kHz

| 電力(W) | 250W | 300W | 350W | 400W | 450W | 500W |
|--------|------|------|------|------|------|------|
| 接触角(°) | 42° | 38° | 36° | 38° | 38° | 33° |

【0064】【実験例3】同様の方法において、処理する金属として銅、アルミニウム、ステンレスを用い、電極間距離を5mmと10mmにした場合の濡れ性データ

を表7に示す。

【0065】

【表7】

放電条件： 原料パワー 350W
周波数 16.5kHz

| 処理時間 | | 0.2秒 | 0.5秒 | 1秒 |
|-------|------|------|------|-----|
| 材質 | 処理距離 | | | |
| | 5mm | 52° | 58° | 60° |
| 銅 | 10mm | 56° | 58° | 58° |
| | 5mm | 50° | 44° | 40° |
| アルミ | 10mm | 30° | 26° | 18° |
| | 5mm | 26° | 23° | 21° |
| ステンレス | 10mm | 50° | 46° | 37° |

接触角(°)

【0066】【実験例4】ITO透明電極接続端子を端部に設けた液晶ディスプレイ用パネル（大きさ50mm×30mm）において、その電極接続端子を実験例1と同一条件で、空気を用いてプラズマ処理を行った。次いで、異方導電性フィルムを介してポリイミドフィルム（50ミクロン厚）で構成される駆動回路を熱圧着した。この熱圧着の条件は、温度170℃、圧力3MPa、時間20秒とした。そして、上記のよにして接合されたパネルと回路体とを互いに逆方向に引っ張って剥離強度を測定した結果、プラズマ処理を行わない場合に比べて約2倍の剥離強度が得られた。

【0067】以上の結果から、発振周波数は繰り返し周波数を高く（40KHz以上）すると、接触角は飽和し、プラスチック基材が熱によって溶けてしまう結果となり、最適繰り返し周波数は10～20KHzが最も良いということが判った。また、金属を改質するには、繰り返し周波数の持つ連続信号で行うと、金属の一部に集中してしまうので、バースト動作させる必要が有ということが判った。電極間距離に対しては、距離を離せばプラズマの広がり大きく広がるが、処理するには1秒以上かかり、均一な処理ができにくいことが判った。電極間距離を狭くするとプラズマの広がり狭くなるが、処理時間が短縮でき、0.1～0.2秒間で即改質されることが判った。

【0068】

【発明の効果】以上詳述したように本発明によれば、連続使用しても電極が加熱されて高温プラズマになるようなことはなく、処理時間を短縮できるとともに、安定した低温プラズマにより処理品質を向上させることができ、また異常放電により被処理物にダメージを与えることもなく、更にプラズマ発生の制御が容易であるのに加え装置規模も小さくできる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のプラズマ発生装置によるプラズマ処理例を示す図である。

【図2】本発明のプラズマ発生装置の一例のブロック図である。

【図3】同プラズマ発生装置中のHブリッジスイッチング回路の等価回路図である。

【図4】同回路のスイッチング動作のタイミングチャートである。

【図5】図2の回路の動作を示すタイミングチャートである。

【図6】同じくバースト動作のタイミングチャートである。

【符号の説明】

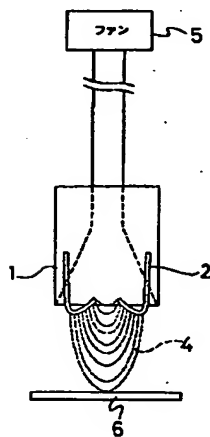
1・2 電極

3 高圧トランス

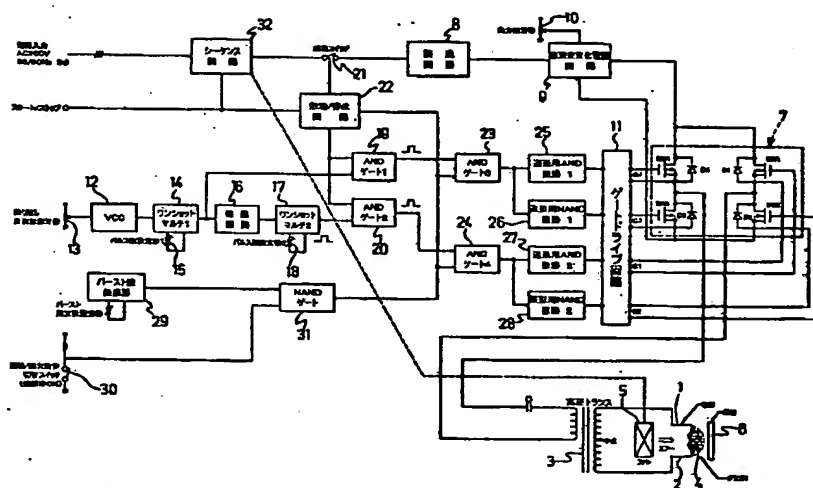
- 4 プラズマ
- 5 ファン
- 6 基材
- 7 Hブリッジスイッチング回路 (インバータ)
- SW1、SW2、SW3、SW4 半導体スイッチング素子
- D1、D2、D3、D4 ダイオード
- C コンデンサ
- 8 整流回路
- 9 直流安定化電源回路
- 10 出力設定器
- 11 ゲートドライブ回路
- 12 電圧制御発振器 (VCO)
- 13 繰り返し周波数設定器
- 14 ワンショットマルチバイブレータ
- 15 パルス幅設定器

- 16 遅延回路
- 17 ワンショットマルチバイブレータ
- 18 パルス幅設定器
- 19・20 ANDゲート
- 21 起動スイッチ
- 22 起動・停止回路
- 23・24 ANDゲート
- 25 遅延用AND回路
- 26 遅延用NAND回路
- 27 遅延用AND回路
- 28 遅延用NAND回路
- 29 パースト波発振器
- 30 連続・間欠動作切替スイッチ
- 31 NANDゲート
- 32 シーケンス回路

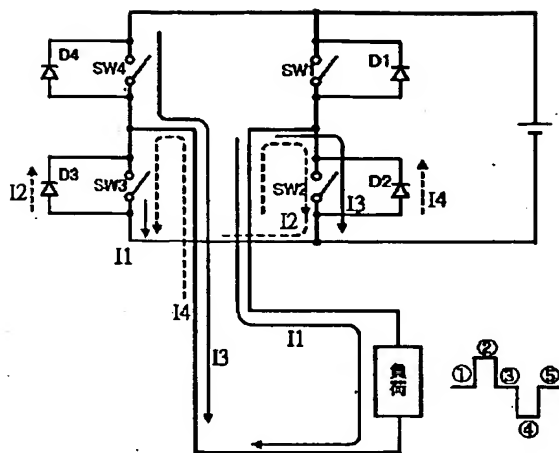
【図1】



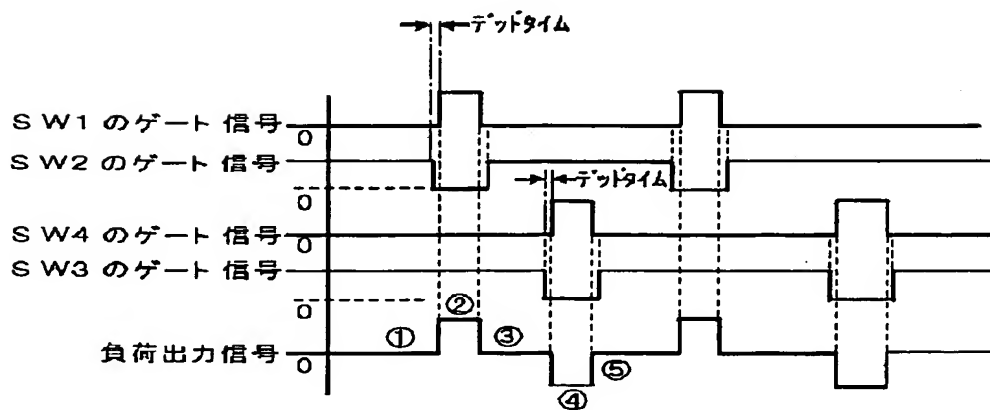
【図2】



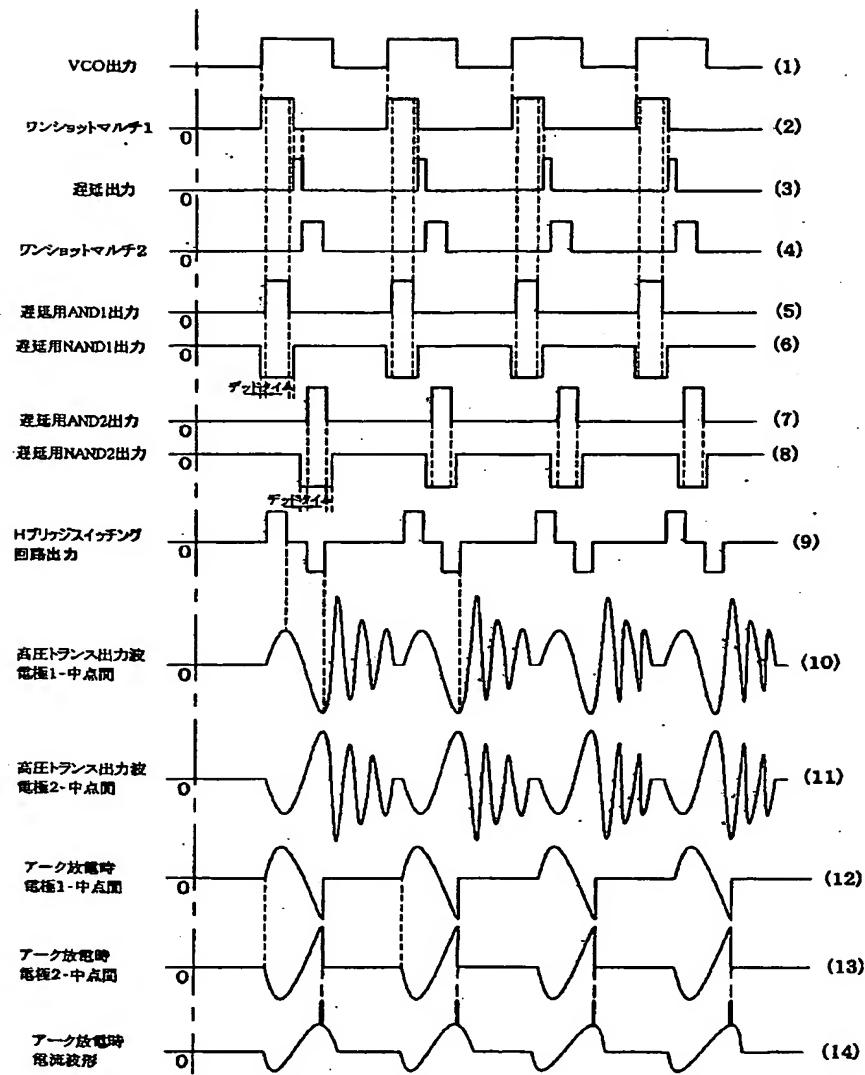
【図 3】



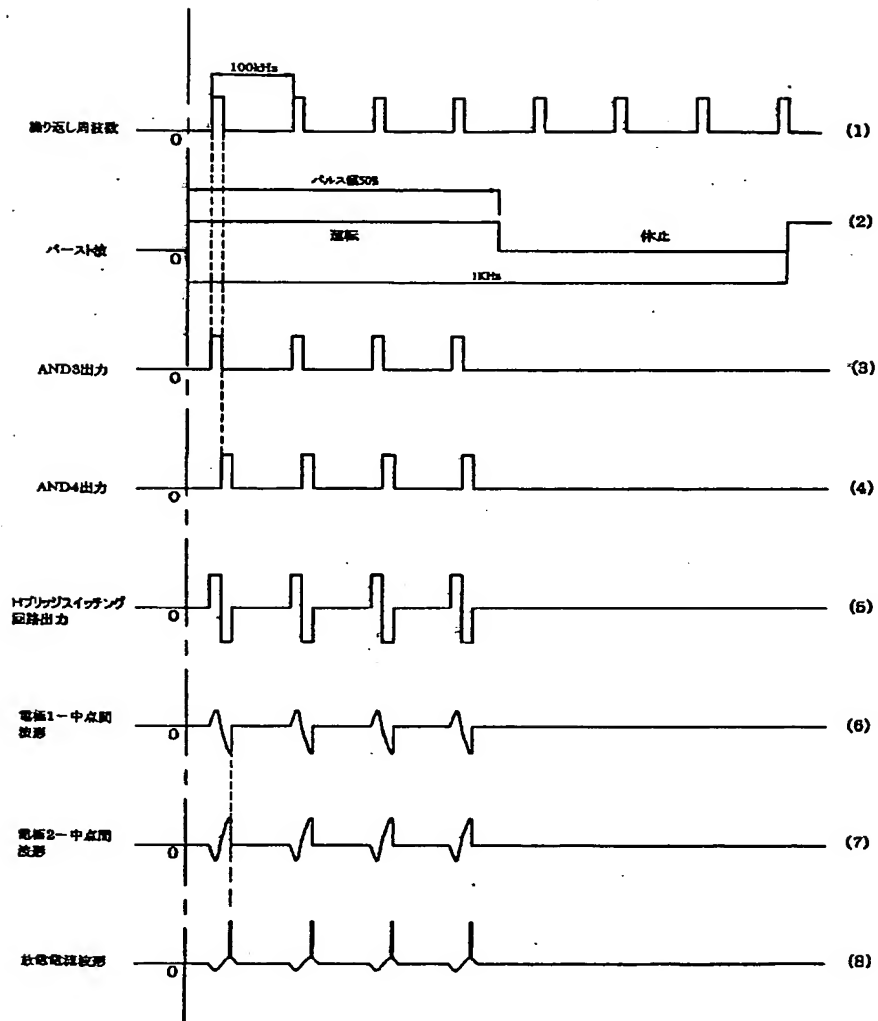
【図 4】



【図 5】



【図6】



フロントページの続き

(72)発明者 澤田 康志
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工
株式会社内

(72)発明者 田中 昇
大阪府門真市大字門真1048番地 松下電工
株式会社内

Fターム(参考) 4C058 AA01 BB02 DD03 DD11 DD12
KK06 KK11 KK21 KK27 KK50
4G075 AA22 BA05 BA10 CA17 CA47
DA02 DA03 DA04 EC21 EC30